

КАРПЕНКО В.Р канд. техн. наук, доц.,
КУЗНЄЦОВ Р.М. канд. техн. наук, доц.,
ПАВЛЮК В.І. асистент

Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ КЕРУЮЧИХ ДІЙ ВОДІЯ В УМОВАХ МАНЕВРУВАННЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ МАЛОГО КЛАСУ

Розглянуто умови руху легкового автомобіля малого класу для типових видів маневрування – поворот і зміна смуги руху. Визначено керуючі дії необхідні для неусталеного криволінійного руху автомобіля перехідними кривими під час маневрування. Враховано вплив на керування автомобілем завантаження транспортного засобу і тиску повітря в шинах його коліс.

Ключові слова: керуючі дії водія, маневрування, поворот, зміна смуги руху, завантаження, тиск повітря в шинах

The conditions of movement of the car small class for typical types of maneuvers - turning and changing lanes. Been determined the control actions the driver needed for unsteady curvilinear transition curves of the car when maneuvering. Taken into account the impact on the control your car load of the vehicle and the air pressure in the tires of his wheels.

Keywords: actions of driver to control the car, maneuvering, turning, changing lanes, load, tire air pressure

Постановка проблеми. Автомобілі малих класів через відносно невисоку вартість і паливну економічність в останні роки утримують лідерські позиції на ринках продажів нових автомобілів. Крім того сучасний автомобіль перш за все повинен бути безпечним, що в значній мірі визначатиметься його активною конструкційною безпекою. Статистика аварійності та тяжкості наслідків ДТП вказують на необхідність впровадження допоміжних електронних систем активної безпеки. Безпечне маневрування в граничних умовах визначається роботою комплексних систем стабілізації руху. Удосконалення алгоритму їх роботи потребує вивчення системної взаємодії експлуатаційних властивостей автомобіля і керуючих дій водія. Експлуатаційні властивості автомобіля малого класу залежать від зміни параметрів

транспортного засобу таких як маса, тиск в шинах, в допустимих експлуатаційних межах. Необхідною умовою безпечного маневрування є відповідність криволінійного руху автомобіля заданому водієм закону керування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При маневруванні, під час зміни смуги руху чи об'їзду перешкоди, автомобіль скеровується водієм складними перехідними траєкторіями.

Керований криволінійний рух автомобіля часто розглядають виходячи з умови відповідності траєкторій – синусоїдам. Циклічна зміна напрямку руху супроводжується керуючими діями, що відповідають синусоїдальному закону повороту керованих коліс [1]. В деяких роботах керуючі дії визначаються як необхідні корегувальні впливи для компенсації траєкторних і курсових

відхилень руху. В роботі [2] наведено приклад моделювання дій водія під час руху автомобіля траєкторією заданою аналітичною функцією.

Проведені дослідження [3] вказують на можливість представлення криволінійних траєкторій маневрування перехідними клотоїдними кривими. Керуючі дії необхідні для руху заданим курсом перехідними траєкторіями виражаються залежностями кутів повороту керованих коліс та швидкостей їх зміни в часі перехідного процесу. Зазначені величини є функціями конструкційних та експлуатаційних параметрів автомобіля, параметра перехідної кривої, швидкості руху транспортного засобу.

Мета роботи. Визначити умови керованого криволінійного руху легкового автомобіля малого класу за кутовою швидкістю керованих коліс перехідними кривими типових маневрів «Поворот 35м» та «Переставка 20м». При цьому врахувати різні випадки завантаження транспортного засобу та відхилення від нормативного значення тиску повітря в шинах коліс автомобіля.

Матеріали і результати дослідження.

Параметр клотоїди – перехідної кривої маневру "Поворот 35м" визначиться з умови руху транспортного засобу осьовою лінією (рис.1а) розміщеного коридору [4] і становить:

$$C_{k35} = R_{k35} \times L_{k35} = 33,05 \times 16,85 = 557, \tag{1}$$

де R_{k35} – радіус кінця перехідної кривої, м;

L_{k35} – довжина перехідної кривої, м.

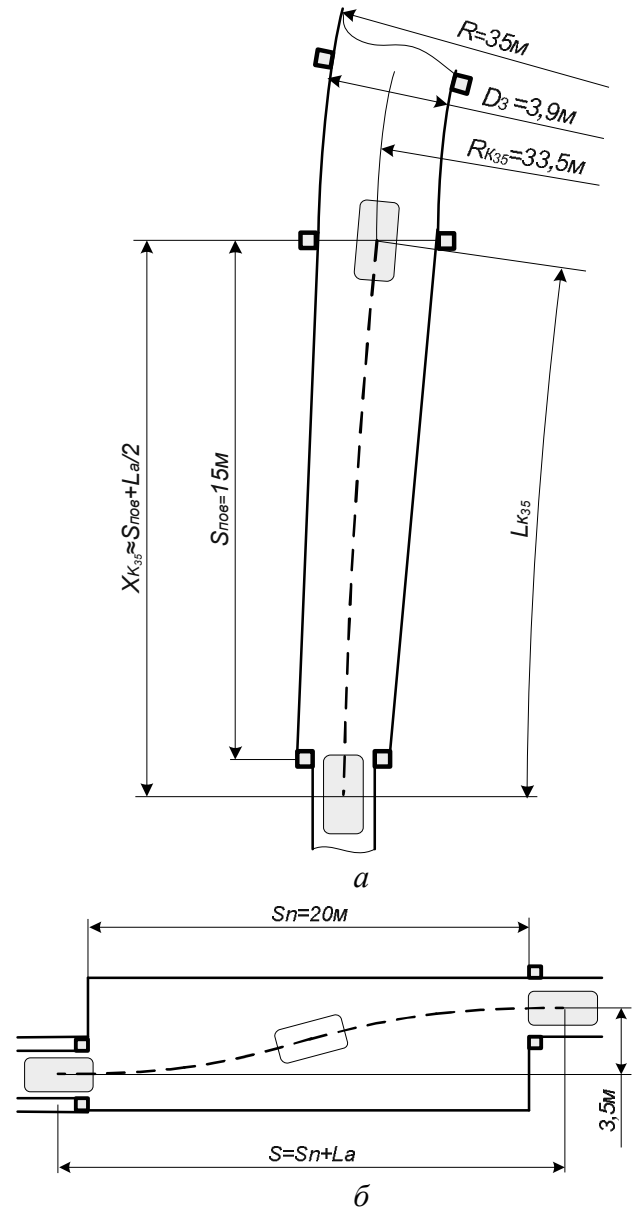


Рисунок 1 – До визначення параметрів перехідних кривих траєкторій руху маневрів: а – «Поворот 35м»; б – «Переставка 20м»

Траєкторію маневру переставка (рис.1б) прийнято представити чотирма подібними клотоїдами з однаковими параметрами C_{k20} . Аналогічно для перехідної кривої маневру «Переставка 20м» графо-аналітично визначено $C_{k20}=124$.

Запропонована математична модель руху транспортного засобу (2) дозволяє визначити керуючі дії водія – кут θ_{12} та швидкість повороту керованих коліс θ'_{12} необхідні для керованого криволінійного

руху заданою перехідною траєкторією.

$$\begin{cases} \delta'_{12} = A_{11} \times \delta_{12} + A_{12} \times \delta_{34} + A_{13} \times \theta_{12} + A_{14}; \\ \delta'_{34} = A_{21} \times \delta_{12} + A_{22} \times \delta_{34} + A_{23} \times \theta_{12} + A_{24}; \\ \theta'_{12} = A_{31} \times \delta_{12} + A_{32} \times \delta_{34} + A_{33} \times \theta_{12} + A_{34}. \end{cases} \quad (2)$$

В систему входять рівняння визначення кутів відведення осей автомобіля δ_{12}, δ_{34} з врахуванням передньоприводної компоновки автомобіля, що визначаються аналогічно до виразів запропонованих д.т.н. проф. Литвиновим [5]. Додаткове рівняння для визначення швидкості повороту керованих коліс θ'_{12} отримане з умови слідування заданою кривою, яка виражається рівністю приросту радіусів кривини перехідної кривої і траєкторії, що описує центр мас автомобіля за нескінченно малий проміжок часу, тобто рівністю похідних цих радіусів [6].

За запропонованою моделлю можливо також визначати в процесі руху (за часом) кути відведення осей автомобіля, кутову швидкість та прискорення навколо центральної вертикальної осі автомобіля.

Математичний апарат моделі в коефіцієнтах A_{ij} враховує компоновку автомобіля, характеристики шин, розподіл ваги транспортного засобу між його осями.

За незалежні змінні прийняті параметри руху центра маси автомобіля, а саме швидкість руху автомобіля V_a , та параметр криволінійної траєкторії C_k . За геометричні та масово-інерційні величини взято параметри і характеристики передньоприводного легкового автомобіля малого класу ЗАЗ-11022.

Відповідно до прийнятих припущень симетричного розташування пасажирів і вантажу масові та геометричні параметри автомобіля визначалися для трьох випадків завантаження:

A – водій, чотири пасажирів і вантаж

в багажному відсіку ($M_a=1175\text{кг}$; $m_{12}=590\text{кг}$; $m_{34}=585\text{кг}$);

B – водій, три пасажирів без вантажу ($M_a=1057\text{кг}$; $m_{12}=584\text{кг}$; $m_{34}=473\text{кг}$);

C – водій і пасажир на передньому сидінні без вантажу ($M_a=921\text{кг}$; $m_{12}=560\text{кг}$; $m_{34}=361\text{кг}$).

Де m_{12}, m_{34} – розподіл маси на передню та задню осі автомобіля.

Маса водія, пасажирів та вантажу регламентована нормативною документацією. Розподіл маси на осі приведений у відповідність технічній характеристиці на даний транспортний засіб.

Граничні значення тиску повітря в шинах визначалися з умови можливого 25%-го відхилення від нормативного значення 2,0атм. Тиск повітря в шинах осей визначає їх характеристики за опором боковому відведенню [7].

Аналіз експериментальних величин кутів повороту керованих коліс та курсових кутів під час виконання маневрів «поворот» і «переставка» дає можливість зробити припущення, що час становлення параметрів криволінійного руху перехідною траєкторією, в тому числі і кутової швидкості повороту керованих коліс θ'_{12} , здійснюється протягом часу становлення – t_c , який становить близько 60% від загального часу руху автомобіля перехідною кривою t_k . За цей час відбувається становлення і кутової швидкості повороту автомобіля $\omega_a = \dot{\gamma}$ відносно його центральної вертикальної осі z .

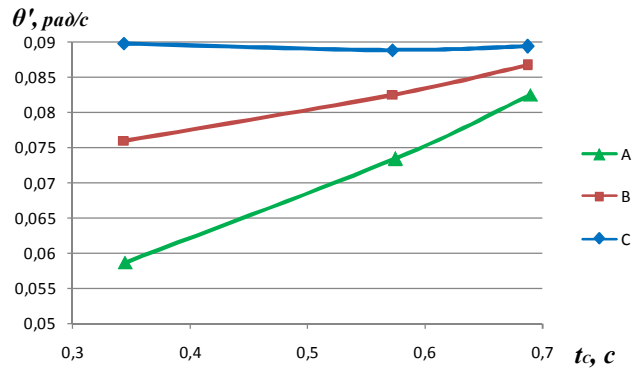
Швидкість руху автомобіля при моделюванні визначалася з умови граничного зчеплення осі опорною поверхнею. За результатами розрахунків гранична швидкість для руху перехідною кривою з параметром $C_k=557$ становить 14,7м/с, для параметру $C_k=124$ гранична швидкість руху – 11,6м/с.

Результати визначення кутової швидкості повороту керованих коліс для випадків різного завантаження автомобіля

(A,B,C), за умови сталого параметра $C_k=557$, кривої «Поворот 35м», нормативного значення тиску повітря в шинах передньої p_{12} та задньої p_{34} осей автомобіля – $p_{12,34}=2,0\text{атм}$, наведено на рисунку 2а, для підвищеного тиску $p_{12,34}=2,5\text{атм}$ та пониженого – $p_{12,34}=1,5\text{атм}$ – на рисунках 2б,в відповідно.

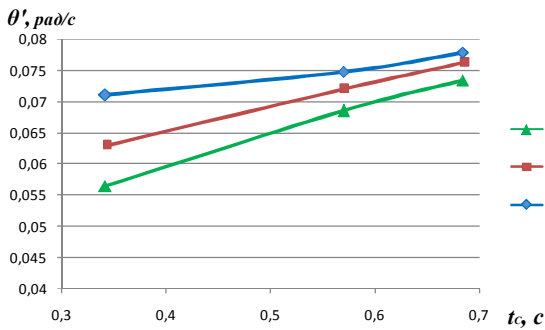
При цьому швидкість автомобіля $V_a=14,7\text{м/с}$, $t_k=1,14\text{с}$, $t_c=0,6t_k=0,69\text{с}$.

Аналогічно для перехідної кривої маневру «переставка 20м» результати визначення кутової швидкості повороту керованих коліс для випадків різного завантаження автомобіля (A,B,C), за умови сталого параметра кривої $C_k=124$ («переставка 20м»), за різного тиску в шинах наведено на рисунку 3. При цьому швидкість автомобіля $V_a=11,6\text{м/с}$, $t_k=0,52\text{с}$, $t_c=0,6t_k=0,31\text{с}$.

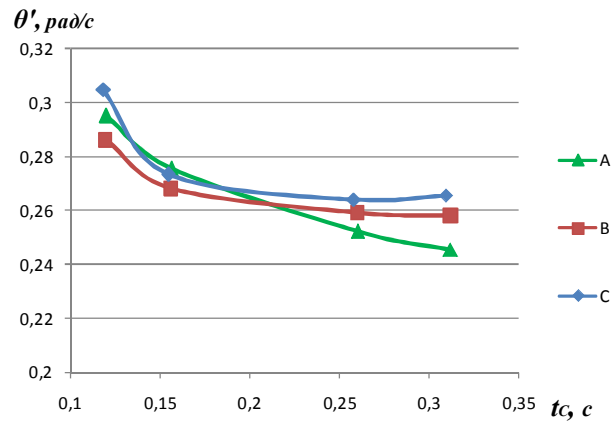


б

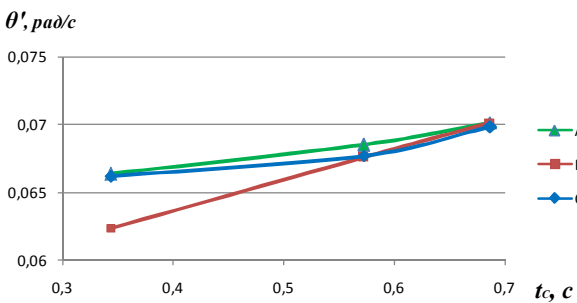
Рисунок 2 – Залежність кутової швидкості повороту керованих коліс для випадків різного завантаження автомобіля (A,B,C) за умови сталого параметра кривої $C_k=557$, та тиску в шинах $p_{12,34}$: а – $p_{ij}=2,0\text{атм}$; б – $p_{ij}=2,5\text{атм}$; в – $p_{ij}=1,5\text{атм}$



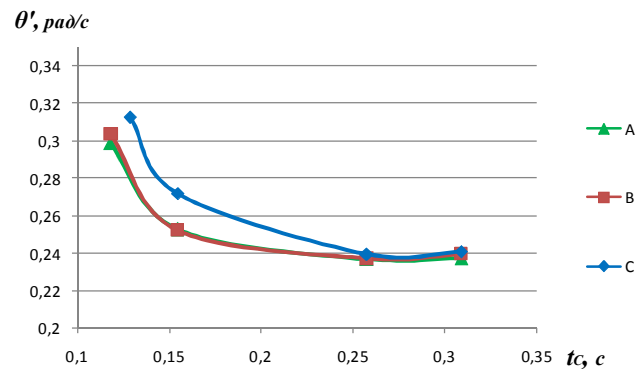
а



а



б



б

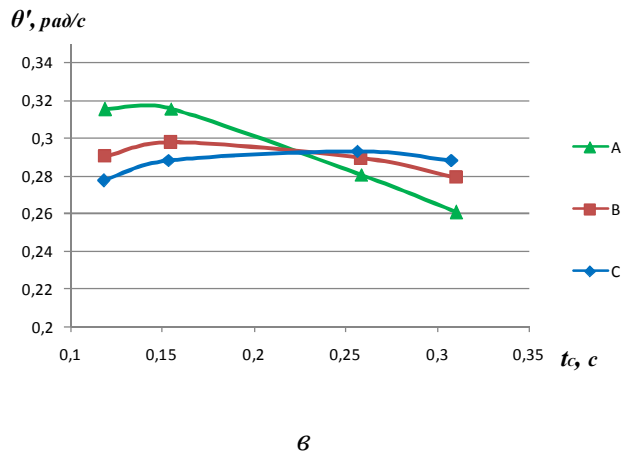


Рисунок 3 – Залежність кутової швидкості повороту керованих коліс для випадків різного завантаження автомобіля (A,B,C) за умови сталого параметра кривої $C_{\kappa}=124$, та тиску в шинах $p_{12,34}$:
 $a - p_{ij}=2,0\text{атм}$; $б - p_{ij}=2,5\text{атм}$; $в - p_{ij}=1,5\text{атм}$

Швидкість повороту поздовжньої осі автомобіля, розрахована для вищенаведених умов зображена на рис.4. та рис. 5.

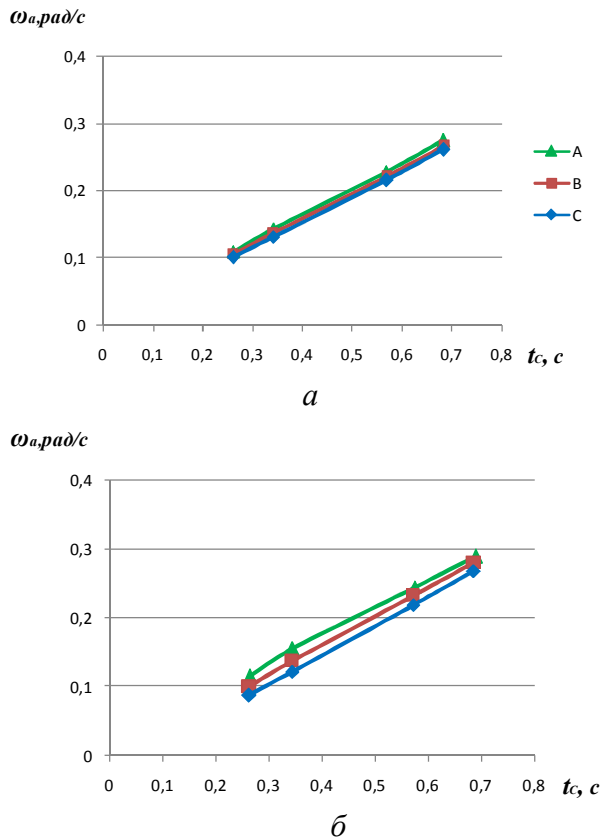


Рисунок 4 – Залежність кутової швидкості

повороту поздовжньої осі автомобіля для випадків різного завантаження автомобіля (A,B,C) за умови сталого параметра кривої $C_{\kappa}=557$, та тиску в шинах $p_{12,34}$: $a - p_{ij} = 2,0\text{атм}$; $б - p_{ij} = 1,5\text{атм}$

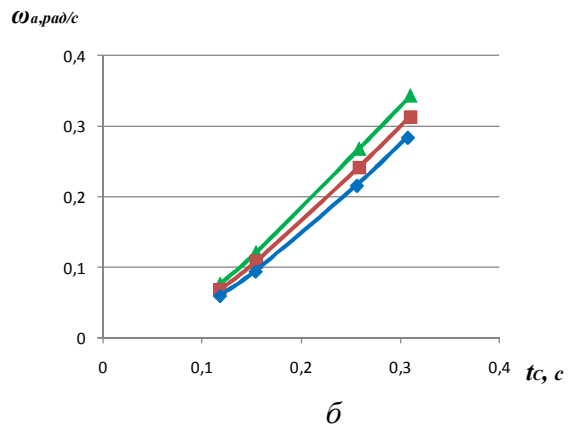
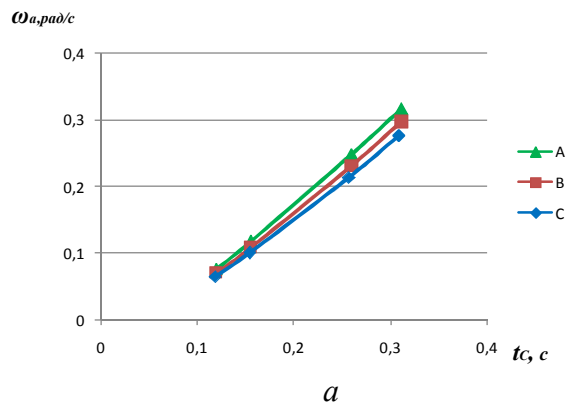


Рисунок 5 – Залежність кутової швидкості повороту поздовжньої осі автомобіля для випадків різного завантаження автомобіля (A,B,C) за умови сталого параметра кривої $C_{\kappa}=124$, та тиску в шинах $p_{12,34}$: $a - p_{ij}=2,0\text{атм}$; $б - p_{ij}=1,5\text{атм}$

Висновки. Аналізуючи отримані графічні залежності для швидкостей повороту керованих коліс та швидкостей зміни курсового кута під час маневрування, можна зробити висновок про необхідність врахування зміни завантаження автомобіля малого класу, особливо при зниженому тиску повітря в шинах коліс. Кількісну зміну зазначених величин може бути враховано при коректуванні алгоритму роботи допоміжних електронних систем безпеки, що мають змогу адаптувати свою роботу до змінних умов руху.

Література

1. Автомобили грузовые, легковые и автобусы. Методы определения и оценки параметров управляемости. Проект отраслевой нормали: ОН 025–68. – (Первая редакция).

2. Wach W. Model kierowcy pid w programie do symulacji ruchu pojazdów/ W.Wach // Konstrukcja, badania, eksploatacja, technologia pojazdów samochodowych i silników spalinowych. – Kraków, 2005. – Zeszyt Nr 29-30. – Str. 465-472.

3. Карпенко В.Р. Траєкторії неусталеного криволінійного руху автомобіля/ В.Р.Карпенко, О.В.Приймак, В.І.Павлюк // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник, вип.36. – Луцьк, 2012. – С.126-130.

4. ДСТУ 3310-96. Засоби транспортні дорожні. Стійкість. Методи визначення основних параметрів випробуваннями. – Введено вперше. 01.01.1997. – К.: Держстандарт України, 1996. – 11с.

5. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля / А.С.Литвинов. М.: Машиностроение, 1971. - 416 с.

6. Павлюк В.І. Моделювання неусталеного криволінійного руху автомобіля / В.І. Павлюк // Наукові нотатки. – Луцьк ЛНТУ, 2010. – Випуск 28. – С.374-379.

7. Карпенко В.Р. Вплив зміни тиску в шинах і завантаження легкового автомобіля малого класу на його поворотність / В.Р. Карпенко, Р.М.Кузнецов, В.І. Павлюк, П.П. Костюк // Наукові нотатки. – Луцьк ЛНТУ, 2013. – Випуск 41. – С.45-48.